مجله ایمنی زیستی
دوره پنجم، شماره دوم، پاییز ۹۱

زیست‌فناوری برای توسعه پایدار

بابک ناخدا* و مهرشاد زین‌العابدینی

پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

b.nakhoda@abrii.ac.ir

چکیده

در سال ۲۰۵۰ میلادی جمعیت جهان از ۹ میلیارد نفر فراتر خواهد رفت. سازمان خواروبار جهانی پیش‌بینی کرده است که تولید غذا باید تا آن هنگام حداقل ۷۰ درصد افزایش یابد تا تعداد گرسنگان در همین سطح امروز باقی بماند. فقر و گرسنگی و سوءتغذیه ریشه بسیاری از بیماری‌ها و همچنین معضلات فرهنگی و نابسامانی‌های اجتماعی در جوامع بشری است. دسترسی به غذای کافی و سالم، آب آشامیدنی سالم و هوای پاک از بدیهی‌ترین حقوق همه انسان‌ها و تولید و تامین این نیازها برای شهروندان، وظیفه ذاتی همه دولت‌هاست. از طرفی حفظ محیط زیست در کنار فعالیت‌های تولیدی کشاورزی و صنعتی از اهمیت فراوانی برخوردار است. متاسفانه در جوامع انسانی این هدف‌ها در بسیاری از موارد با هم در تضاد قرار می‌گیرند. برای مثال استفاده از سموم و کودهای شیمیایی برای افزایش تولید محصولات کشاورزی، خطرهای فراوانی را متوجه سلامت انسان‌ها و محیط زیست می‌کند. آلودگی خاک و آب‌های سطحی و زیرزمینی در نتیجه مصرف بدون ملاحظه این مواد و باقیمانده سموم در غذای روزمره ما تهدید بزرگی برای زندگی بر روی این کره خاکی است. خوشبختانه استفاده از فناوری زیستی یا بیوتکنولوژی و به‌ویژه مهندسی ژنتیک، با بهره‌گیری از پیشرفته‌ترین دستاوردهای انسانی در حوزه زیست شناسی سلولی و مولکولی و با الهام از طبیعت این تضاد را به حداقل می‌رساند. در این مقاله تلاش کرده‌ایم تا با تاکید بر اهمیت توسعه پایدار برای حفظ سلامت انسان، محیط زیست و نسل‌های آینده و بر شمردن خطرهایی که آن را تهدید می‌کند، به اهمیت نقش بیوتکنولوژی مدرن و مهندسی ژنتیک در حفظ محیط زیست، حفظ و بهره‌برداری پایدار از منابع در راستای دستیابی به توسعه پایدار بپردازیم.

واژه‌های کلیدی: بیوتکنولوژی، مهندسی ژنتیک، توسعه پایدار، محیط زیست.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

تعریف زیست‌فناوری[1]

گستردگی و تنوع کاربردهای زیست‌فناوری، تعریفی واحد برای آن را کمی مشکل ساخته است. به‌طور کلی زیست‌فناوری را می‌توان مترادف مهندسی ژنتیک و علم استفاده از موجودات زنده یا عوامل زیستی (میکروارگانیسم‌ها، یاخته‌های گیاهی و جانوری و آنزیم‌ها و...) برای تولید کالا و خدمات در کشاورزی، صنایع غذایی، دارویی، پزشکی و سایر صنایع تعریف کرد. اما آنچه ما امروزه به‌عنوان زیست‌فناوری مدرن از آن یاد می‌کنیم در واقع استفاده از فناوری دی.ان.ای نوترکیب در تولید انواع میکروارگانیسم‌ها و یا گیاهان با صفات برتر نسبت به ارقام زراعی معمول و با ارزش افزوده بیشتر نسبت به آن‌ها است.

توسعه پایدار

در سال ۱۹۹۲ در «کنفرانس زمین» توسعه پایدار به‌عنوان رفع نیازهای نسل حاضر بدون مصالحه با نسل‌های آینده درباره نیازهای آن‌ها تعریف شد. منظور از توسعه پایدار تولید همگام و همراه با طبیعت و با دیدگاه دوستدار و سازگار با محیط زیست و با کمترین اثرهای سو و یا تهدید برای اکوسیستم‌های طبیعی و نسل‌های آینده است. واژه توسعه پایدار بعد از کنفرانس ریو در سال ۱۹۹۲ در محافل علمی فراگیر شد (۱).

توسعه پایدار استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها و سمت‌گیری توسعه فناوری را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که با نیازهای حال و آینده سازگار باشد و به پنج نیاز اساسی شامل تلفیق حفاظت و توسعه، تامین نیازهای اولیه زیستی انسان، دست‌یابی به عدالت اجتماعی، خودمختاری و تنوع فرهنگی و حفظ یگانگی اکولوژیک پاسخ گوید. توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای فعلی خود را بدون خدشه به توانایی نسل آینده برآورد ساخته و نیازهای خود را پاسخ گوید. بدین ترتیب حق هر نسل در برخورداری از همان مقدار سرمایه طبیعی که در اختیار دیگر نسل‌ها قرار داشته، به رسمیت شناخته شده و استفاده از سرمایه طبیعی در حد بهره آن مجاز شمرده می‌شود. در چنین وضعیتی مطلوبیت و امکانات موجود در طول زمان کاهش نمی‌یابد و به توانایی اکوسیستم‌ها برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود مربوط می‌شود بدون آنکه به

[1] Biotechnology

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

تحلیل منابع و یا فشار بیش از حد بر منابع منجر شود. این مفهوم تلاش می‌کند تا به نحو روشن‌تری نتایج آینده رفتارهای کنونی را مورد توجه قرار دهد. بنابراین توسعه پایدار درک درست از تعامل، در نظام به هم پیوسته فرایندهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و شامل توسعه‌ای همه جانبه در کلیه بخش‌ها است، که در عین انجام کلیه فعالیت‌ها، کمترین آسیب زیست محیطی به منابع مورد استفاده وارد شود. به عنوان مثال یکی از نتایج برجسته کنفرانس ریو، کنوانسیون تنوع زیستی بود. این کنوانسیون بین‌المللی از کلیه اعضا می‌خواهد که در حفظ تنوع زیستی و بهره‌برداری پایدار و غیر مخاطره‌آمیز از آن و همچنین مشارکت عادلانه در منافع حاصل از استفاده از تنوع زیستی با هم همکاری کنند (۲). این اهداف عوامل کلیدی توسعه پایدار هستند. بر اساس آمار سازمان‌های جهانی، زندگی ۱/۲ میلیارد نفر از فقیرترین مردم جهان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به منابع طبیعی و وحشی وابسته است. به‌عنوان مثال بر اساس آمار بانک جهانی بیش از دو میلیارد نفر در جهان به طب سنتی و گیاهان دارویی متکی هستند. بنابراین حفظ تنوع زیستی و به‌ویژه حفظ گونه‌ها باید به‌عنوان جز لاینفک حفظ سلامت محیط زیست انسانی و عنصر حیاتی در بهبود وضعیت اقتصادی کلیه جوامع در نظر گرفته شود (۲). با این توجیه هر تهدیدی که گونه‌ها را در معرض خطر نابودی قرار دهد، تهدیدی برای کل بشریت خواهد بود. به‌طور کلی توسعه پایدار با مفهوم سنتی توسعه که در اصل بر محور رشد اقتصادی متمرکز شده است، تفاوت‌های اساسی دارد. توسعه پایدار از حدود اقتصادی صرف فراتر رفته و عوامل اجتماعی شامل تغذیه، بهداشت، شرایط زندگی و تمامی ابعاد فرهنگی و معنوی فردی مانند خلاقیت، کیفیت زندگی و حقوق اولیه را در بر می‌گیرد. توسعه پایدار زمینه‌های مختلفی را مورد توجه قرار می‌دهد: اثر گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی، تخریب لایه ازن، تخریب زمین، کاهش منابع غیر تجدیدپذیر، آلودگی هوای شهرها و ...

اهمیت زیست‌فناوری در اسناد بالادستی نظام و توسعه اقتصادی کشور

زیست‌فناوری مدرن بدون هیچ تردیدی نقش اساسی در توسعه اقتصادی کشورهای جهان ایفا کرده است. با توجه به ارزش افزوده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

و مزیت نسبی بالای محصولات و فرآورده‌های حاصل از زیست‌فناوری، به پشتوانه این فناوری کشورهایی مانند فیلیپین، هندوستان و پاکستان با کشت محصولاتی مانند ذرت و پنبه تراریخته از واردکننده این محصولات به صادرکننده تبدیل شده‌اند. کشورهایی مانند کوبا و آرژانتین با سرمایه‌گذاری روی تولید داروهای نوترکیب و گیاهان تراریخته، علاوه بر تولید میلیون‌ها فرصت شغلی در داخل کشور، با صادرات این محصولات رشد اقتصادی خیره‌کننده‌ای را در سال‌های اخیر کسب کرده‌اند. به‌عنوان مثال کوبا از طریق ایجاد شرکت هِربِر و راه‌اندازی خط تولید داروهای نوترکیب، در سال ۱۹۹۸ حدود ۲۹۰ میلیون دلار واکسن هپاتیت B و دیگر محصولات دارویی را به ۳٤ کشور دنیا صادر کرد. این شرکت هم‌اکنون در ۵۰ کشور دنیا نمایندگی دارد.

به واسطه این مزیت‌ها، کشت محصولات تراریخته در جهان در سال ۲۰۱۳ رکوردی تاریخی از خود به جای گذاشت و با رشدی بیش از ۱۰۰ برابری نسبت به سال ۱۹۹۵ از ۱/۷ میلیون هکتار به بیش از ۱۷۵ میلیون هکتار در ۲۸ کشور دنیا رسید (۳). این سرعت رشد حیرت‌انگیز سطح زیر کشت محصولات تراریخته، زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک را به‌عنوان سریع‌ترین فناوری مورد پذیرش در تاریخ کشاورزی مدرن تبدیل کرده است (۳). این توسعه سریع سطح زیر کشت به وضوح حکایت از موفقیت محصولات تراریخته در عرصه مزارع و شرایط طبیعی زارعین داشته و در عین حال نشان‌دهنده استقبال وسیع کشاورزان از این محصولات است. آخرین گزارش سرویس بین‌المللی دستیابی به و استفاده از زیست‌فناوری[۲] (ISAAA) در مورد محصولات تراریخته به نقل از سایت مرکز اطلاعات بیوتکنولوژی ایران[۳] حاکی از آن است که در سال ۲۰۱۳ رکورد ۱۸ میلیون کشاورز کشت‌کننده‌ی محصولات تراریخته ثبت شده است که نسبت به سال ۲۰۱۲، افزایش ۰/۷ میلیونی را نشان می‌دهد (۳). نکته قابل توجه این است که بیش از ۹۰ درصد و یا بیش از ١٦/٥ میلیون نفر از آنان، کشاورزان خرده‌پای فقیر از کشورهای در حال توسعه بوده‌اند. این کشاورزان در اجتناب از شرایط خطر تبحر دارند و بهره‌وری را از طریق کشت

[2] International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications
[3] Iran Biotechnology Information Center (IRBIC), www.irbic.ir

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]
[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

بیشتر در زمین‌های خود (محدود کردن کشت محصولات زراعی به همان زمین‌های مزروعی موجـــــود و در نتیجه حفظ جنگل‌ها و تنوع زیستی) بهبود می‌بخشند. در سال ۲۰۱۳ حدود ۷/۵ میلیون کشاورز خرده‌پا در چین و ۷/۳ میلیون کشاورز دیگر در هند کشت تقریبی ۱۵ میلیون هکتار پنبه تراریخته مقاوم به آفات را به دلیل مزایای قابل توجه این محصـــــــول انتخاب کردند. در سال ۲۰۱۳ تقریبا ٤۰۰ هزار کشاورز خرده‌پا در فیلیپین از مزایای ذرت تراریخته استفاده کردند (۳). در طـی شـانزده ســال از ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۲ مـیلادی محصولات تراریخته از راه‌های زیر به امنیت غذایی، تولید پایدار و کاهش اثرهای سـو ناشـی از تغییرات اقلیمـی کمک کرده‌اند: افزایش تولیدات زراعی به ارزش ۱۱٦/۹ میلیارد دلار؛ تامین محیط زیست بهتر از طریق کاهش مصـــــرف ٤۹۷ میلیون کیلوگرم مـــــاده مؤثر حشره‌کش‌های شیمیایی؛ کاهش تولید ۲٦/۷ میلیارد کیلوگرم گازکربنیک تنها در سال ۲۰۱۲ که معادل حذف حدود ۱۱/۸ میلیون اتومبیل از جاده‌هاست؛ حفظ تنوع زیستی از طریق صرفه‌جویی در کشت ۱۲۳ میلیون هکتار زمین از ۱۹۹٦ تا ۲۰۱۲ و کمک به رفع فقر و گرسنگی از طریق کمک به بیش از ۱٦/۵ میلیون کشاورز خرده‌پا و بیش از ٦۵ میلیون خانواده‌های تحت پوشش این کشاورزان که جزو فقیرترین مردم جهان محسوب می‌شوند. همان‌گونه که پـیش‌بینـی مـی‌شـد اولین ذرت تراریخته مقاوم به خشکی با موفقیت بـه بـازار عرضـــه شـــد و در ســـال ۲۰۱۳ توسط ۲۰۰۰ کشاورز آمریکایی در ۵۰ هزار هکتار کشت شد. پـیش‌بینـی مـی‌شـود برنج طلایی و برنج تراریخته مقاوم به آفات نیـز قبل از سال ۲۰۱۵ تجاری شوند. ایـن موضـوع موجب بهره‌مندی بیش از یک میلیارد نفر که تنها در آسیا به نوعی دست‌اندرکار کشت و کار و تولیـد برنج هستند، خواهد شد. با توجه بـه آمـار و ارقـام فوق درمی‌یابیم که زیست‌فنـاوری نقش مهمی را در پایداری تولید و کاهش اثرهـای تغییرات آب و هوایی ایفا کرده است (۳). بنـــابر ایـــن محصولات تراریخته می‌توانند از طریـــــــق افـــــزایش بهره‌وری زراعی، سهم به سزایی در نیل به اهداف هزاره یعنی کاهش تعداد فقرا، حفظ تنوع زیستی و توسعه پایدار داشته باشند (۲).

در بعد حفاظت از گونه‌های با ارزش و در معـــرض خطـــر گیـــاهی و جـــانوری نیـــز

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

زیست‌فناوری از پتانسیل بسیار بالایی برخوردار است. یکی از مثال‌های بارز در این زمینه تلاش پژوهشگران محیط زیست کشورمان برای حفاظت نسل یوزپلنگ ایرانی، لاله واژگون و سوسن چلچراغ از خطر انقراض و همچنین تلاش برای احیا و باززایی نسل ببر مازندران با استفاده از روش‌های نوین مهندسی ژنتیک است. در این زمینه از روش‌های کلونینگ و رشد سلول‌های سوماتیک و تولید سلول‌های بنیادین می‌توان نام برد.

جالب توجه آن‌که برخی مسایل علمی و آرزوهای بشر که تا همین چند سال پیش در حد داستان‌های علمی تخیلی غیر واقعی و دست نیافتنی به نظر می‌رسیدند، اکنون با پیشرفت‌های شگرف در عرصه علوم ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی مولکولی بسیار دست‌یافتنی شده‌اند. از جمله به احیا نسل ببر تاسمانی و ماموت‌های سیبری می‌توان اشاره کرد. از نمونه‌های بارز دیگری در عالم گیاهی که هم‌اکنون پژوهشگران بسیاری درگیر پروژه‌های بین‌المللی آن هستند می‌توان از تلاش برای تولید گیاه برنج با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه در کنسرسیوم برنج چهار کربنه (C4 Rice Consortium) در موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج در فیلیپین و همچنین تلاش برای افزایش پتانسیل عملکرد گندم از طریق دستکاری ژنتیک آنزیم فتوسنتزی روبیسکو برای افزایش میل ترکیبی آن با گاز کربنیک و کاهش تنفس نوری در مگاپروژه گندم (Global Wheat Program) در موسسه بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (سیمیت) در مکزیک نام برد (۲). نتایج این پژوهش‌ها می‌تواند با افزایش کارایی گیاهان در بهره‌وری بهینه از منابع تولید از جمله آب، مواد غذایی و نور خورشید، تولید جهانی غذا را متحول کند.

بنابر آخرین گزارش ارایه شده در مجله معتبر علمی ساینس دانشمندان به‌تازگی موفق به ساخت اولین کرموزوم مصنوعی و انتقال موفقیت‌آمیز آن به مخمر شده‌اند که این خود انقلابی در علم ژنتیک مولکولی محسوب شده و می‌تواند عالم صنعت و پزشکی را متحول کند (٤). کروموزوم ساخته شده تمام عملکردهای کروموزوم طبیعی را دارد. این پروژه گسترده‌ترین تغییر کروموزومی است که تاکنون انجام شده است و نقطه عطف آن، یکپارچه‌سازی کروموزوم در یک سلول مخمر

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

زنده است. این پروژه گام مهمی در ساخت ژنوم کامل مخمر مصنوعی محسوب می‌شود و مهم‌ترین کاربرد آن در ژن تراپی و صنعت داروسازی، به‌ویژه داروی ضد مالاریا است. یکی دیگر از مهم‌ترین کاربردهای این روش، بهینه‌سازی حیوانات و محصولات کشاورزی تراریخته و تولید سوخت زیستی است (٤).

با توجه به توانمندی‌های زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک، توجه ویژه به این فناوری به صراحت مورد تاکید مقام معظم رهبری قرار گرفته و منجر به تدوین و ابلاغ سند زیست فناوری جمهوری اسلامی ایران شد.

خوشبختانه ایران از جنبه پژوهشی در حوزه مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی جایگاه برتری را در بین کشورهای جهان سوم و در بین کشورهای منطقه دارا است. امید است در آینده‌ای نه چندان دور با تولید ملی و کشت و بهره‌برداری از محصولات تراریخته داخلی، علاوه بر جلوگیری از واردات بی‌رویه محصولات غذایی، کود و سموم شیمیایی خطرناک، علاوه بر صرفه‌جویی کلان ارزی و اشتغال‌زایی، مردم کشورمان از غذایی سالم‌تر، و جسمی سالم‌تر برخوردار شوند.

تهدیدها و خطرهای توسعه پایدار

به‌طور کلی مهم‌ترین تهدیدها و خطرهای توسعه پایدار را می‌توان به شرح زیر برشمرد.

- بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و سایر نهاده‌های تولید.
- مصرف بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی و آلودگی محیط زیست و تهدید سلامت انسان‌ها.
- تهدید و نابودی تنوع زیستی.
- تخریب جنگل‌ها و زیستگاه‌های طبیعی.
- ضایعات محصولات کشاورزی و مواد غذایی و تولید انبوه زباله.

نقش و اهمیت فناوری‌های نوین و زیست‌فناوری در دستیابی به توسعه پایدار

آنچه امروزه ملاک تمایز کشورهای توسعه یافته و پیشرفته از کشورهای توسعه نیافته یا عقب‌مانده محسوب می‌شود، میزان بهره‌گیری آنها از فناوری در ابعاد مختلف توسعه، به‌خصوص توسعه فناوری است. توسعه در شرایط فعلی جهان، بدون دستیابی به فناوری پیشرفته امکان‌پذیر نیست. تفاوتی که امروز بین جهان در حال توسعه و جهان توسعه یافته وجود دارد براساس سرمایه، حجم تجارت،

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

منابع طبیعی و حتی تجهیزات صنعتی نیست، بلکه معیار اصلی تفاوت بین دنیای پیشرفته صنعتی و جهان غیر صنعتی، فناوری و به‌ویژه فناوری پیشرفته است. مهم‌ترین دلیل این امر هم این است که ارزش افزوده و قدرت رقابت در حوزه فناوری‌های پیشرفته به مراتب از فناوری‌های غیرپیشرفته بالاتر است. در فناوری‌های غیرپیشرفته و پایین دست آنقدر رقابت شدید است که محصولات و خدمات و فرآورده‌های تولیدی از ارزش افزوده چندانی برخوردار نیستند. این مسأله را شاید بتوان به رقابت در بازار کار تشبیه کرد، بدین صورت که در سطوع پایین‌تر طبقات اجتماعی و تحصیلات متوسطه رقابت برای کار به دلیل تعداد زیاد متقاضیان به مراتب شدیدتر و درآمد به مراتب کمتر از سطوع بالای تحصیلات تکمیلی و دارندگان درجه دکتری است. در حوزه فناوری هم وضعیت به همین صورت است، محصولاتی که از فناوری‌های پیشرفته در تولید آن‌ها استفاده شده باشد به مراتب گران‌تر از کالاهای غیر فناورانه در بازار به فروش می‌رسند و مشتریان بیشتری دارند. این ارزش افزوده بالا باعث سرمایه‌گذاری کلان کشورهای پیشرفته در حوزه پژوهش و توسعه فناوری‌های پیشرفته در کشورهای صنعتی پیشرفته شده است که در همین راستا تولید علم نیز در این کشورها به مراتب بالاتر است؛ ولی قطعا هدف نهایی آن‌ها تولید علم و مقاله نیست و آنچه اهمیت و ارزش سرمایه‌گذاری دارد، قابلیت تبدیل این علم به ثروت از طریق تولید فناوری و تولید محصولات فناورانه و تسخیر بازارهای جهانی است. بدین ترتیب کشورهایی مانند سوئیس بدون بهره‌مندی از منابع غنی و سرمایه‌های طبیعی، تنها با رشد فناوری خود توانسته‌اند به قدرت اقتصادی در دنیا تبدیل شوند.

یکی از این فناوری‌های پیشرفته، زیست‌فناوری است که به مدد پیشرفت‌های چشم‌گیر در حوزه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی توانمندی‌های فراوانی را برای تولید محصولات متنوع در دسترس بشر قرار داده است. با توجه به روند رو به رشد افزایش جمعیت، تأمین مواد غذایی برای این جمعیت فزاینده بسیار حایز اهمیت است و این امر باید از طریق کشاورزی پایدار رخ دهد. یکی از ابزارهای کاربردی جهت رسیدن به توسعه پایدار در کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین به خصوص زیست‌فناوری در کشاورزی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

است. زیست‌فناوری در حوزه کشاورزی به انسان این توانایی را داده است تا با الهام از طبیعت و بهره‌گیری از موجودات زنده، هم بر بسیاری از مشکلات تولید در بخش کشاورزی مانند آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیر زیستی مانند شوری و خشکی فایق آید؛ هم کیفیت محصول را بهبود بخشد و کمبود عناصر غذایی مهم مانند آهن، روی و ویتامین‌ها را جبران کند و هم به حفظ طبیعت و محیط زیست از شرِ سموم و کودهای شیمیایی خطرناک کمک کرده، موجب حفظ و افزایش تنوع‌زیستی و کاهش ضایعات کشاورزی شود و در عین حال سلامت انسان‌ها را نیز تامین و تضمین کند. تولید انواع واریته‌های گیاهی پرمحصولِ مقاوم در برابر آفات و بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز، بدون نیاز و یا با مصرف بسیار کم‌تر سموم شیمیایی (که بسیاری از آنها دارای دوز کشنده بالایی بوده و تا سال‌ها در طبیعت باقی می‌مانند)، تولید گیاهان با خاصیت کودپذیری بهتر و قدرت تولید بالاتر عناصر غذاییِ مهم مورد نیاز انسان، و تولید محصولات غذایی با قابلیت انبارمانی بالا به کمک ابزار و فناوری‌های پیشرفته ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک از جمله مثال‌های کاربردی این حوزه علمی است. از سال ۱۹۸٦ تا ۱۹۹٤ در خلال یک دوره ۸ ساله، ۲۰۵۳ آزمایش مزرعه‌ای منجر به معرفی گیاهان تراریخته به اکوسیستم‌های طبیعی در سرتاسر کره‌زمین شده است (۵).

امروزه در اصلاح نباتات روش‌های مهندسی ژنتیک به سرعت جایگزین روش‌های قدیمی و متداول اصلاح‌نباتات سنتی شده و به ابزار اصلی در برنامه‌های اصلاحی و بهبود گیاهان تبدیل شده‌اند. یکی از ویژگی‌های مهم محصولات تراریخته دارا بودن بیش از یک صفت بهبود یافته است که با روش‌های سنتی اصلاح‌نباتات بسیار وقت‌گیر و پیچیده است. توجه به این نکته هم بسیار مهم است که با پیشرفت علوم ژنتیک و زیست‌شناسی سلولی و مولکولی امکان انتقال ژن‌های سودمند از سایر موجودات و میکروارگانیزم‌ها به گیاهان و موجودات هدف به راحتی امکان‌پذیر شده که در اصلاح‌نباتات سنتی به هیچ‌وجه مقدور نیست. به‌طوری‌که امروزه انجام تلاقی‌های دور بین گیاهان گونه‌های مختلف برای انتقال صفات مفید به گونه‌های زراعی به‌راحتی امکان‌پذیر شده است.

به‌عنوان مثال برنج طلایی با قابلیت تولید

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

پیش‌ماده ویتامین A می‌تواند سالیانه جان ۵۰۰۰۰۰ کودک را در سرتاسر جهان از خطر کوری ناشی از کمبود این ویتامین حیاتی نجات دهد. تولید و تجاری‌سازی گوجه‌فرنگی با عمر انبارمانی بالا، خسارت و میزان ضایعات پس از برداشت این محصول را در حد چشم‌گیری کاهش داده است.

زیست‌فناوری در عین حال در سایر حوزه‌های علمی مانند پزشکی و داروسازی، محیط زیست و صنعت و معدن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و دارای کاربردهای فراوان و ارزش افزوده چشم‌گیری است.

حل مشکل زباله‌های شهری

امروزه شاید کمتر کسی باشد که از مضرات بی‌شمار زباله‌های شهری، صنعتی و بیمارستانی بر محیط زیست و اثرهای مخرب و حتی غیرقابل برگشت آنها بر تنوع زیستی، تخریب جنگل‌ها و نابودی گونه‌های گیاهی و جانوری و حتی میکروارگانیزم‌های مفید بی‌اطلاع باشد. هر چند معظل زباله‌های پلاستیکی تا حدود زیادی به کمک زیست‌فناوری و با جایگزینی و استفاده از پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر به جای پلاستیک‌های معمولی مشتق از ترکیبات نفتی قابل حل به نظر برسد ولی خطر زباله‌های تولید شده در مناطق شهری و صنعتی کماکان به قوت خود باقی و با توسعه این جوامع، به‌طور روز افزون در حال افزایش است. به مدد زیست‌فناوری و با مهندسی ژنتیک، میکروارگانیزم‌های مفید و حتی با دستکاری ژنتیک میکروارگانیزم‌های مضر برای سلامت انسان و محیط زیست، دانشمندان موفق به تولید سویه‌هایی از میکروارگانیزم‌ها شده‌اند که قادرند زباله‌های تولید شده در شهرها و مناطق صنعتی را به مواد زیست‌تخریب‌پذیر و مفید برای طبیعت تبدیل کنند و از آنها فرآورده‌ها و تولیدات جانبی سودمندی برای طبیعت و انسان نیز استحصال کنند.

تولید سوخت‌های زیستی

شاید بسیاری از مردم مطالبی در مورد تولید بیوگاز و متانول از پسماندهای غذایی و کشاورزی شنیده باشند. این عرصه نیز توسط زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک متحول گشته و زیست‌فناوری با دست‌ورزی ژنتیک ژن‌های باکتری‌های عامل تولید ترکیبات سوختی، کارایی آن‌ها را برای تولید سوخت نسبت به

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

سویه‌های متداول به مراتب بهبود بخشیده‌اند. استفاده از سویه‌های تراریخته باکتری‌ها برای تولید سوخت و کودهای زیستی از زباله و پسماندهای کشاورزی نه تنها به سلامت و حفظ محیط زیست در راستای توسعه پایدار کمک می‌کند بلکه برای کشاورزان نیز دارای ارزش افزوده فراوانی است که به اقتصاد روستایی و معیشت خانوارهای روستایی کمک شایان توجهی می‌کند. با توجه به اتمام سوخت‌های فسیلی در آینده‌ای نزدیک و از طرف دیگر آلودگی‌زایی این قبیل سوخت‌های متداول، یافتن راهکارهای جدیدی به‌عنوان سوخت‌های جایگزین و تجدیدپذیر می‌تواند برای کشور بسیار حیاتی و استراتژیک باشد. در ابعاد جهانی نیز در سال‌های اخیر سوخت‌های تجدیدپذیر جایگاه ویژه‌ای در سیاست‌گذاری‌های انرژی و اشتغال کشورهای مختلف پیدا کرده است.

جمع بندی

بهره‌برداری بهینه و مناسب و سازگار با طبیعت از منابع طبیعی، محیط زیست، آب و خاک و سایر نهاده‌ها برای تولید پایدار شرط لازم و ضروری برای ادامه بقا انسان و سایر موجودات بر روی این کره خاکی است. هر اقدام انسان که به نوعی محیط زیست را با تهدید مواجه سازد، تهدیدی علیه سلامت و بقا نسل انسان بر روی زمین است. بنابراین بشر باید تمامی تلاش خود را در راه حفظ محیط زیست و رفع خطرهای آن در راستای توسعه پایدار و حفظ منابع برای نسل‌های آینده به کار ببندد. در این میان زیست‌فناوری مدرن و مهندسی ژنتیک به‌عنوان ابزاری کارآمد می‌تواند به انسان برای تولید پایدار و رسیدن به اهداف هزاره در جهت توسعه پایدار کمک فراوانی کند.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]

منابع مورد استفاده References

۱. ضرابی، اصغر و مهری اذانی (۱۳۸۰)، توسعه پایدار در جهان صنعتی و در حال توسعه، تهران، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۹.

۲. مهرشاد زین العابدینی، بابک ناخدا، پرستو مجیدیان، نیر اعظم خوش خلق سیما و سید الیاس مرتضوی (۱۳۹۰) تنوع زیستی، مهندسی ژنتیک و توسعه پایدار. مجله ایمنی زیستی. دوره چهارم، شماره اول، پاییز ۹۰.

۳. قره‌یاضی، بهزاد و نغمه عبیری (۱۳۹۲) خلاصه‌ای از وضعیت جهانی محصولات تراریخته در انتهای سال ۲۰۱۳ . ترجمه. نویسنده. کلایو جیمز، انتشارات سرویس بین‌المللی دستیابی به و استفاده از بیوتکنولوژی، ۲۰۱۳

4. Annaluru Narayana et al. (2014) Total Synthesis of a Functional Designer Eukaryotic Chromosome. Published Online March 27 2014. Science DOI: 10.1126/science.1249252

5. Krattiger, A. F. and Rosemarin, A. (1994) Biosafety for sustainable agriculture: sharing biotechnology regulatory experiences of the Western Hemisphere. Stockholm Environment Institute.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2025-08-23]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1391.5.1.7.1]